

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БРОНЗЫ БрОС10-10*

Семенков И.В.

Руководитель – Мартюшев Н.В., доцент, канд. техн. наук

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, Томск

semenkov.ilya@gmail.com

Работа посвящена изучению влияния условий кристаллизации на структуру бронзы БрОС10-10 и её механические свойства. Условия кристаллизации менялись путем изменения скорости охлаждения расплава. Использовался предварительный нагрев литейных форм до различных температур. В ходе работы изучены основные закономерности формирования структуры бронзы марки БрОС10-10 при разных скоростях охлаждения. Были установлены зависимости предела прочности и циклической долговечности от скорости охлаждения отливки. Так же была установлена зависимость триботехнических свойств от скорости охлаждения отливки.

Проблема низкой прочности изделий, изготовленных из антифрикционных марок бронз, является ключевой для узлов деталей машин, работающих на трение и износ в условиях значительных нагрузок и давлений. Примерами таких деталей могут служить венцы зубчатых колес редукторов, подшипники скольжения в автомобилях, уплотнительные кольца компрессоров и насосов. Уникальность таких бронз заключается в их очень низком коэффициенте трения по закаленной стали. Относительно низкая прочность таких бронз значительно ограничивает сферу их применения.

Известно, что свойства литых бронз определяются их составом и условиями кристаллизации. Среди уже проведенных работ присутствует множество рекомендаций по выбору химического состава бронз под конкретные условия. Но вопросы выбора оптимальных условий кристаллизации для трех- и более компонентных бронз, работающих одновременно на износ и разрушение остаются открытыми. Стоит отметить, что для сложнолегированных бронз, такие как их свойства как циклическая долговечность изучены слабо. В данной работе сделана попытка восполнить недостаток знаний в данной области. Было проведено исследование влияния скорости охлаждения расплава на структуру, механические и триботехнические свойства бронзы марки БрОС10-10. Данная марка была выбрана ввиду её широкого применения, в том числе и в условиях переменных циклических нагрузок. Методика плавки и заливки бронзового расплава подробно описана в [1]. Для проведения большинства

механических испытаний использовались стандартные методики ГОСТа. Расчет количественных характеристик параметров микроструктуры производился с помощью программных средств и методик изложенных в [2].

Проведенные металлографические исследования показали, что в результате изменения скоростей охлаждения формируется различная морфология включений легкоплавкой свинцовой фазы в α -твёрдом растворе олова в меди. Высокая скорость охлаждения привела к образованию большого количества мелких разветвленных включений свинца с рваной межфазной поверхностью и большого количества эвтектоида на основе электронного соединения $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Низкая скорость охлаждения отливок привела к образованию в структуре сферообразных включений легкоплавкой фазы с гладкой межфазной поверхностью и небольшого количества эвтектоида.

Изменения в фазовом составе и морфологии оказывают существенное влияние на механические свойства сплава. Свинец практически не растворяется ни в одном из компонентов бронзы и образует включения, значительно снижающие прочностные характеристики бронзы. На прочность бронз будет влиять не только количество свинца, но также форма и размер свинцовых включений. Для свинцово-оловянистых бронз при низких скоростях охлаждения параллельно со сфероидизацией свинца идёт процесс уменьшения количества эвтектоида, который обладает большей твёрдостью, чем основная матрица отливки образца. Таким образом, при малых скоростях охлаждения, с одной стороны, за счёт сфероидизации свинца должно происходить улучшение механических свойств, с другой стороны, за счёт уменьшения количества эвтектоида, который обладает высокой твёрдостью, механические свойства должны ухудшаться. При уменьшении скорости охлаждения отливки предел прочности уменьшается. Отсюда можно сделать вывод о том, что на механические свойства свинцово-оловянистых бронз решающее влияние оказывает количество эвтектоида, а не форма и размер включений свинца.

Подобное влияние оказывает изменение условий кристаллизации на циклическую долговечность отливок. По результатам испытаний максимальной циклической долговечностью будут обладать образцы, полученные со скоростью охлаждения $40-60\text{ }^{\circ}\text{C/с}$, что соответствует охлаждению на воздухе в форме, нагретой до $300-400\text{ }^{\circ}\text{C/с}$.

Проведенные триботехнические испытания показали, что в диапазоне нагрузок от 20 до 200 кг коэффициент трения образцов со сферической формой свинцовых включений на 30-50% выше, чем у аналогичных образцов, но с рваной хлопьевидной формой включений. Так средний коэффициент трения при скорости вращения вала 300 об/мин

составил 0,082 для образцов с рваной формой включений и 0,122 для образцов со сферической формой включений.

*Написано при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по мероприятию 1.3.2 (XLVIII очередь) – «Проведение научных исследований целевыми аспирантами», «Поддержка научных исследований, проводимых целевыми аспирантами по научному направлению «Индустрия наносистем», номер государственного соглашения: 14.132.21.1677. по теме «Повышение эксплуатационных свойств бронз легированием нанопорошками» (рук.проекта – аспирант И.В. Семенков).

Литература

1. Мартюшев Н.В. Производство поршневых колец компрессоров высокого давления. // Литейное производство. – 2008 – №8 – с. 24-25.
2. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П., Утьев О.М. Компьютерный анализ структуры материалов // Обработка металлов. – 2003 – №3 – с. 32-34.